

IV. Nuevos alimentos y nuevas tecnologías emergentes de la Industria Alimentaria

BERNABÉ SANZ PÉREZ

Académico de Número

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo industrializado y consumista en el que vivimos se dispone de muchos y variados productos alimenticios, generalmente de excelente calidad, atractivamente envasados, sanitariamente seguros y apoyados en una publicidad abundante (y tal vez excesiva) que nos anima a degustar los más de 50.000 géneros alimenticios distintos que se ofrecen y exponen a la venta en las estanterías de tiendas y supermercados.

La tecnología alimentaria dispone de muchos sistemas de obtención, preparación y conservación de alimentos, cuyos desarrollos han permitido en sólo 10 años multiplicar por 6 los productos alimenticios del mercado. Sin embargo, los alimentos que ofrece la Naturaleza y que utiliza como materia prima la moderna industria alimentaria son los mismos que consumía el hombre prehistórico: semillas, frutas, hortalizas, carne de aves y mamíferos, leche, huevos, pescados y miel.

El concepto de **nuevo** se emplea en este trabajo en un sentido amplio que abarca a todos los productos alimenticios obtenidos con tecnologías desarrolladas en los últimos 30 años y que han permitido: 1.º) Aumentar y diversificar los géneros disponibles y 2.º) Mejorar su vida útil o vida de almacén, haciéndolos, al mismo tiempo, más atractivos sensorialmente y menos sensibles a las pérdidas nutritivas, es decir, manteniendo en mejores condiciones sus atributos originales.

II. CONCEPTO DE NUEVOS ALIMENTOS

Para el DHSS, Departamento de Salud y Seguridad Social del RU (1980), son “los producidos de materias primas que no se habían utilizado antes para la alimentación humana o que sólo lo habían sido en cantidades pequeñas y los obtenidos mediante procesos nuevos o muy modificados que antes no se habían empleado para la fabricación de alimentos”. Realmente se trata de productos o géneros alimenticios, derivados de alimentos naturales, a los que, o bien se les han sustraído algunos de sus ingredientes propios, o bien se les han incorporado otros de los que carecían —en su estado natural— los alimentos de los que proceden. Entre los nuevos alimentos también se incluyen los obtenidos con nuevas tecnologías y los conservados o procesados con los llamados “tratamientos o sistemas combinados” (Tabla 1).

TABLA 1

Algunos ejemplos de nuevos alimentos

-
1. Análogos cárnicos o carnes artificiales.
 2. Alimentos funcionales
 3. Farmalimentos o nutracéuticos
 4. Alimentos **Light**
 5. Alimentos transgénicos
 6. Conservados con procesos combinados:
 - Atmósferas modificadas y refrigeración
 - Inoculadas con bacterias lácticas y refrigeración
 - Bacteriocinas y refrigeración
 - Precocinados y congelados o refrigerados
 - Alimentos **sous vide**
 7. Alimentos procesados con métodos acalóricos emergentes
 - Presiones hiperbáricas
 - Campos eléctricos pulsados de alta intensidad
 - Irradiación ionizante
 - Campos magnéticos oscilantes.
 - Pulsos lumínicos
 - Manotermosonicación
-

Las industrias que pretendan poner en el mercado nuevos alimentos, han de tener en cuenta que, como los elaborados por métodos tradicio-

nales, deben cumplir una serie de normas legales, concretamente, que sean sanitariamente seguros, es decir, libres de todo riesgo para el consumidor, que su valor nutritivo sea el adecuado para el sector de la población al que van destinados y que se etiqueten de acuerdo con lo ordenado en las normas españolas y comunitarias. Además serán agradables al paladar, con una vida de almacén, o vida útil, lo más larga posible y fáciles de guardar y preparar en la cocina; por otra parte, ni ellos ni sus envases contaminarán el medio ambiente y por la cuenta que le trae al fabricante, serán económicamente competitivos para que el consumidor se sienta satisfecho con la relación de calidad/precio.

Desde el punto de vista empresarial y antes de la fabricación, deberán estudiarse las condiciones del mercado en el que van a competir y la normativa legal alimentaria que deben cumplir. Sólo entonces se procede a su formulación y fabricación, aspectos éstos que aquí no trataremos por que caen fuera de los fines de este trabajo, no obstante, conviene dejar claro que en su elaboración hay cuatro fases bien diferenciadas:

- Selección de materias primas y de otros ingredientes.
- Procesamiento higiénico y correcto de las mismas.
- Envasado y etiquetado irreprochables.
- Control eficaz de todas las fases de fabricación.

III. ANÁLOGOS CÁRNICOS

Conocidos también como **sucedáneos de la carne**, **carnes artificiales**, **carnes de imitación** o **carnes fabricadas**, son productos alimenticios elaborados con proteínas vegetales y de otros orígenes distintos de la carne muscular (Tabla 2), cuyo coste es mucho más barato que los cortes o piezas vendidos en las carnicerías y cuyo valor nutritivo es alto. Comenzaron a elaborarse experimentalmente a finales de la década de 1960 pero hasta los últimos años 80 no lo fueron a escala comercial.

Los análogos cárnicos no deben confundirse con las **carnes reestructuradas**, **reformadas** o **reconstituidas** que se elaboran con “recor-

tes” de carne muscular troceada o picada, más o menos finamente. La mayoría de las carnes reestructuradas sólo se componen de recortes de carne muscular, mezclados con otros tejidos animales; sin embargo, en algunos países también se permite la incorporación de otras fuentes proteicas más baratas (por ejemplo, de especies de pescado infravaloradas y de legumbres); en este caso los porcentajes de sustancias no cárnicas añadidas no superarán los límites máximos autorizados legalmente. Las cantidades adicionadas deben expresarse claramente en el etiquetado del producto final.

Para elaborar los análogos cárnicos se extrae la proteína de las materias primas (Tabla 2) y a continuación se trata de manera que el producto terminado se parezca lo máximo posible a la carne muscular a la que ha de sustituir. Para ello se emplean tres sistemas de fabricación distintos: Hilado o formación de fibras, extrusión termoplástica y gelación térmica (Lawrie, 1998).

TABLA 2

Proteínas empleadas para fabricar análogos cárnicos

-
- De origen vegetal: algodón, cacahuete, cártamo, *semillas de soja* y otras
 - De origen animal: Visceras y tejidos infrautilizados, como pulmones, bazo, estómagos, *plasma sanguíneo*
 - De origen microbiano: Levaduras, “*quorn*”
-

El sistema de hilado o de formación de fibras fue patentado por Boyer en 1954 pero no se empleó a escala industrial hasta treinta años más tarde. Como se aprecia en el diagrama de flujo de la figura 1, los productos vegetales (soja, cacahuetes, etc.) una vez molturados y desgrasados se alcalinizan hasta un pH de 10-11, para extraer sus proteínas. El líquido obtenido se concentra hasta un extracto seco de 11-15% y se mantiene a 40-45°C hasta que alcanza la viscosidad requerida. Este extracto o concentrado proteico se conoce industrialmente como *solución* o *baño de hilado*. La solución de hilado se pasa bajo presión por una placa, con miles

de orificios de 60-70 mm de diámetro, por los que sale formando filamentos largos y delgados que se recogen en un baño de salmuera acidificada (pH 3-4,5). A continuación los filamentos se devanan paralelamente en la superficie de un tambor, donde forman una especie de madeja. Después de un segundo baño, se estiran y tejen entre sí, incorporándoles grasa, ovoalbúmina y polisacáridos (carragenina, pectina o alginatos) para mantenerlos unidos. Además se les añaden aromatizantes y colorantes.

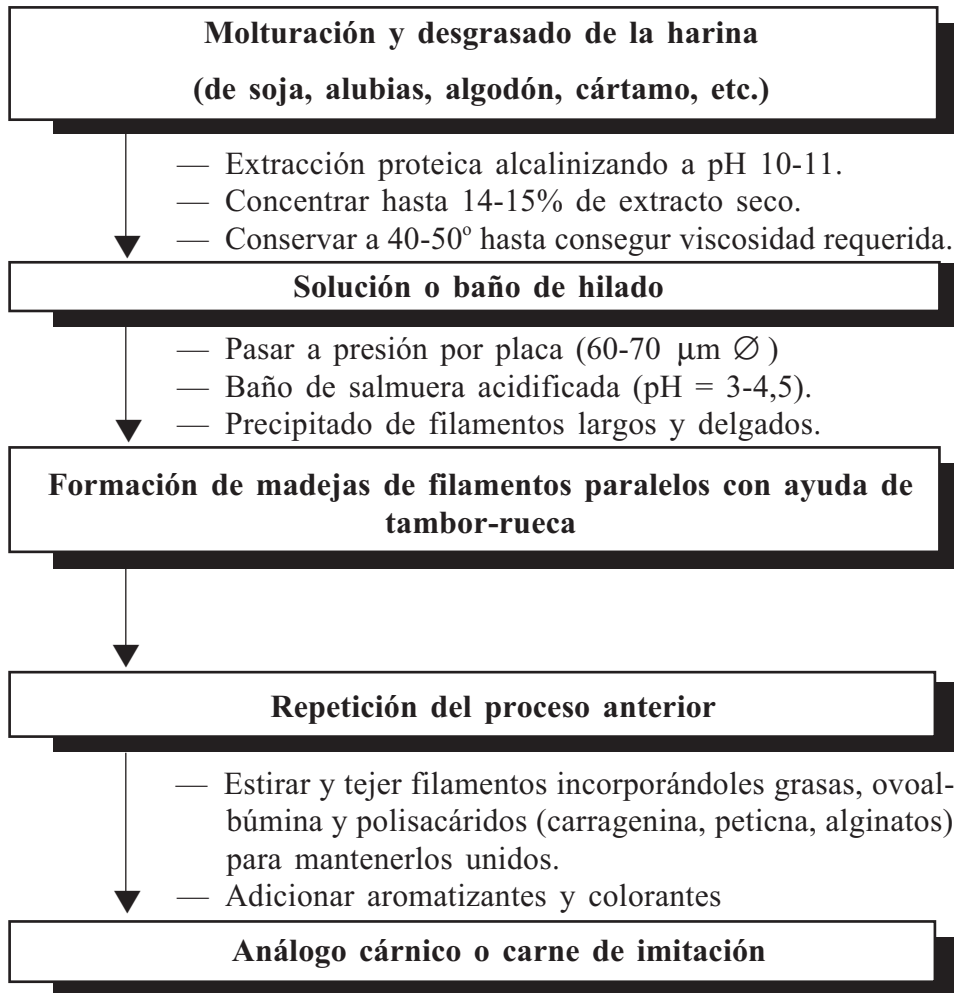


Figura 1. Diagrama de flujo de la fabricación de análogos cárnicos por el proceso de hilado de Boyer.

La extrusión termoplástica, patentada por Atkison en 1970 es el método más utilizado actualmente; se lleva a cabo con extrusionadores en los que se aplican tratamientos de temperatura alta-tiempo corto. La materia prima (harina desgrasada, ovoalbúmina, polisacáridos, aromatizantes y colorantes) se introduce en la zona de amasado del extrusionador, donde se mezcla y calienta a temperaturas de 85-100°C. La masa así formada es empujada por el tornillo extrusor a la salida del aparato. En su recorrido, que es muy breve (12-20 segundos), alcanza una gran presión y una temperatura de hasta 170° C. Cuando la masa deja la máquina pasa bruscamente de la presión que tenía en ella a la atmosférica y al mismo tiempo se evapora instantáneamente su humedad con lo que adquiere una estructura esponjosa.

En la gelación térmica se prepara una dispersión acuosa de proteína vegetal, harina, grasa, colorantes y aromatizantes que se trata térmicamente con vapor de agua a 1 atmósfera, durante 10-15 minutos, con lo que la dispersión acuosa pasa a gel en el que permanecen unidos todos sus componentes.

Los análogos de la carne son muy nutritivos y organolépticamente la imitan muy bien, son productos que satisfacen las demandas de un sector de la población que busca alimentos nutritivos y más baratos que la carne. En ocasiones los adquieren ciertos colectivos que, por razones religiosas o de otro tipo (vegetarianos) no consumen carne animal. En EEUU se dispone desde 1960 de análogos o sustitutos de magro de cerdo cocido, de filetes de vacuno y de *beicon* (Lawrie, 1998). Algunos los conocen como *carne sintética* y posiblemente su fabricación y demanda aumentarán con el transcurso del siglo XXI debido al bajo coste de las proteínas vegetales y microbianas, en comparación con la carne corriente y a su fácil adaptación a los procesos culinarios.

IV. ALIMENTOS FUNCIONALES

El papel de los componentes nutritivos y no nutritivos de los alimentos en la posible prevención de ciertas enfermedades crónicas de carácter degenerativo y en su presentación prematura hace tiempo que ha

llamado la atención de nutrólogos, médicos y bromatólogos. Recientemente muchas empresas alimentarias han visto en algunos de estos compuestos de los alimentos una fuente importante de ingresos, debido a que son muchas las personas que han consumido tradicionalmente ciertos alimentos y condimentos al atribuirles una serie de virtudes curativas que los han convertido en remedios de determinados procesos patológicos (Hasler, 1998). Sólo así se explica la abundancia creciente de parafarmacias, establecimientos dietéticos y herboristerías y de las autoproclamadas “tiendas de alimentos sanos”.

La posible relación entre la alimentación y algunas de las principales enfermedades degenerativas de los países ricos (cáncer, isquemia cardiaca coronaria, fallos cerebrovasculares y otros) preocupa por igual a la gran masa de consumidores y a prestigiosas instituciones científicas como el *U.S Department of Health and Human Services*, 1988; el *National Research Council*, 1989, la *American Dietetic Association*, 1995, etc.

El concepto de alimentos funcionales ha cambiado con el transcurso del tiempo; a principios de la década de 1970 se aplicaba a los que, además de nutrientes, poseían ciertas propiedades de interés tecnológico en Ciencia de los alimentos, por ejemplo, poder emulsionante (yema de huevo), gelificante (piel de ciruelas), capacidad de retención de agua (miel), formación de espuma (clara de huevo), etc. En cambio en la actualidad se aplica la calificación de funcional a todo alimento al que se atribuye alguna acción preventiva o curativa de determinados procesos patológicos.

El término de alimento funcional, en el sentido preventivo o curativo, se utilizó por primera vez en Japón en 1985. También este país ha sido el primero en regularlos en su *Norma para los Alimentos de Empleo Sanitario Específico*. Los alimentos que la cumplen pueden exhibir en su etiqueta un sello, autorizado por el Ministerio de Sanidad y Bienestar nipón, que así lo hace constar.

Estos alimentos carecen de rango legal en la UE y en EEUU, pero esto no significa que ciertas instancias gubernamentales no les hayan prestado atención. Por ejemplo, la Junta Directiva de Nutrición y Alimentos del Instituto de Medicina de los EEUU (IOM/NAS, 1994) los definió en 1994 como “todo alimento o ingrediente alimenticio que

proporciona algún beneficio sanitario, además de los nutrientes tradicionales que contiene”.

A los compuestos funcionales de los alimentos se les está prestando en la actualidad una gran atención en medicina y salud pública debido a que, según algunas publicaciones científicas desempeñan funciones importantes en la prevención y tratamiento de ciertas enfermedades degenerativas. Se ha comprobado que muchos componentes de los alimentos carentes de valor nutritivo, especialmente los de algunas frutas, hortalizas, legumbres, especias y yerbas aromáticas son bioactivos y participan en algunas actividades metabólicas humanas. Su presencia en los alimentos consumidos desde la más remota antigüedad sugiere que no son peligrosos y que carecen de efectos secundarios perjudiciales aunque su bioactividad se parezca más a la de los fármacos que a la de los nutrientes (Wrick, 1994).

El conocimiento de los posibles efectos beneficiosos de estos compuestos alimentarios, sin valor nutritivo, ha surgido en un momento en el que el interés por la nutrición, la salud, la forma física corporal y el bienestar, en general, es máximo en los países industrializados. De otro lado, este conocimiento ha coincidido con la tendencia de todos los países a reducir los gastos de la Seguridad Social (sustitución de productos farmacéuticos registrados por genéricos, tendencia al acortamiento de las estancias hospitalarias, aumento de los tratamientos extrahospitalarios, etc.). Cada vez es más preocupante el alto coste de determinadas enfermedades crónicas (hipertensión, cardiopatías, neuropatologías diversas, etc.) cuya presentación podría reducirse y retrasarse en muchas personas mejorando sus hábitos de vida desde la niñez. Por ejemplo, evitando el tabaquismo, realizando regularmente ejercicios físicos, manteniendo un peso constante y en los países industrializados consumiendo una dieta con menor contenido graso, más pobre en grasas saturadas y más rica en fibra que la actual.

Los datos disponibles de algunos informes epidemiológicos y de ensayos *in vivo* e *in vitro* indican que una dieta fundamentalmente vegetal reduce el riesgo de padecer enfermedades crónicas, como el cáncer (Hasler, 1998). En 1992 Block y colaboradores, después de estudiar 200 informes epidemiológicos, concluyeron que el riesgo de padecer cáncer

de las personas que consumían dietas ricas en frutas y hortalizas era la mitad que el de quienes ingerían pocos alimentos vegetales. Steinmetz y Potter (1991) identificaron en los vegetales más de una docena de especies químicas distintas con actividad anticancerosa. En la actualidad estas sustancias se conocen como *fitoquímicos*.

De todos modos y antes de aconsejar a toda la población el empleo de estos “remedios” debería profundizarse más en el conocimiento de los alimentos funcionales y responder y resolver los múltiples problemas científicos y de salud pública que su empleo podría ocasionar (Tabla 3).

TABLA 3

Problemas a solucionar antes de utilizar de forma general los fitoquímicos con fines preventivos y terapéuticos

-
1. Establecer todas las funciones metabólicas en las que intervienen.
 2. Determinar las cantidades necesarias para prevenir o retrasar la aparición de ciertos procesos degenerativos (envejecimiento, etc.).
 3. Señalar los sectores de la población en los que son eficaces.
 4. Estudiar los efectos secundarios cuando se ingieren a concentraciones terapéuticamente eficaces.
-

Contrariamente a lo sucedido con el escorbuto, el beri beri o la pelagra, las enfermedades crónicas actuales generalmente no se deben a deficiencias alimenticias que se curan incorporando a la dieta determinados nutrientes o productos químicos. Es bien sabido que el riesgo de que una persona padezca una enfermedad tiene un fuerte componente genético. Sin embargo, los conocimientos científicos actuales todavía no permiten predecir con fiabilidad y de forma barata, el tiempo que un individuo con un riesgo dado de padecer una enfermedad, debería someterse a un cambio dietético (y del estilo de vida) para retrasar la presentación de tal enfermedad.

TABLA 4

Ejemplos de alimentos funcionales

| <i>Producto</i> | <i>Principios activos</i> | <i>Efectos</i> | <i>Referencias</i> |
|-----------------|---|---|---|
| Ajo | Alina → Alicina, compuesto sulfurados | Antibiótico, anticancerígeno, antihipertensivo, hipocolesterolemizante* | You y col., 1993; Ernst, 1997; Isaacsohn y col., 1998. |
| Arándanos | Ácido benzoico, polímero no dializable de fructosa (<i>i</i>) | Curativo de infecciones urinarias | Blatherwick, 1914; Ojek y col., 1991; Avorn y col., 1994. |
| Avena | β-glucano | Hipocolesterolemizante | Kinosian y Eisenberg, 1998. |
| Brecolera | Glucosinolatos (o isotiocinatos), p. ej. Sinigrina y gluconasturtina. | Anticancerígenas | Verhoeven y col., 1997; Hecht, 1995; Thornalley, 1999. |
| Frutas cítricas | Limoneno, perrilol | Anticancerígenas | Elegbede y col., 1993; Ripple y col., 1998 |
| Soja | Isoflavonas (genisteína y daidzeína), fitosteroles, etc. | Hipercolesterolemizante, anticancerígena, protectora ósea | Anderson y col., 1995; Messina y Barnes, 1991; Erdman y Potter, 1997. |
| Té | Polifenoles | Anticancerígeno, protege de cardiopatías coronarias | Yang y Wang, 1993; Dreosti y col., 1997 |
| Tomate | Licopeno | Anticancerígeno | Weisburger, 1998 |

* Se desconoce el componente responsable de este efecto

Las hipótesis derivadas de algunos estudios epidemiológicos, generalmente caros y difíciles de comprobar con ensayos clínicos, sugieren que los cambios dietéticos y del estilo de vida podrían disminuir las enfermedades crónicas. A este respecto la mayoría de las personas acep-

tan que hay una relación de causa a efecto. Sin embargo, se desconoce si tal relación llevaría a un número suficientemente grande de personas de alto riesgo a cambiar de régimen dietético durante todo el tiempo necesario para demostrar estadísticamente que tal cambio de vida es beneficioso para la salud pública.

En la tabla 4 se señalan los alimentos funcionales que más se utilizan en el mundo occidental, sus principios activos, los efectos preventivos o curativos que se les atribuye y algunas de las referencias bibliográficas que pueden consultarse para una mejor información. A continuación nos referiremos con más detalle a los tres más estudiados, ajos, soja y brecolera.

Ajos. *Allium sativum*

Es posiblemente la hortaliza aromatizante a la que se le han atribuido más propiedades curativas a lo largo de la historia. Entre los atributos curativos que se le han adjudicado destacan: quimiopreventivo del cáncer, antibiótico, antihipertensivo e hipocolesterolemizante.

Su sabor, aroma y pungencia característicos se deben a sus abundantes componentes bioalilos, tanto liposolubles como hidrosolubles; posiblemente estas sustancias son también las responsables de los efectos atribuidos a los ajos, sin embargo, los bulbos enteros, en fase de reposo, sólo contienen unos pocos compuestos medicinalmente activos. Poseen una sustancia inodora, la aliina, que bajo la acción de una enzima, la alinasa se transforma en alicina cuando se machacan los dientes del ajo. Entonces la alicina se descompone espontáneamente y forma numerosos compuestos azufrados en algunos de los cuales se han investigado sus efectos quimiopreventivos.

Se ha visto que los componentes del ajo inhiben la tumorigénesis en diversos modelos experimentales (Reuter y col., 1996). Pero hay otras publicaciones que demuestran que es ineficaz. Posiblemente los resultados contradictorios alcanzados se deben al diferente tipo de compuesto o preparación de ajo utilizado por los distintos investigadores y quizá también a que las cantidades de compuestos organosulfurados de los ajos frescos y de los productos del comercio varían mucho.

Diversos estudios epidemiológicos demuestran que los ajos pueden disminuir el riesgo de cáncer en el hombre (Durant y col., 1993). Un ensayo relativamente grande de caso/control realizado en China (You y col, 1993) puso de manifiesto una relación inversa entre el riesgo de cáncer de estómago e ingestas crecientes de ajos. Más recientemente (Steinmetz y col, 1994) en un estudio con más de 40.000 mujeres menopáusicas se vio que el consumo de ajos estaba relacionado con la disminución de casi el 50% del riesgo de padecer cáncer de colon. Sin embargo, no todos los estudios epidemiológicos han puesto de manifiesto un efecto protector de los ajos frente a la cancerogénesis. En una revisión de 12 estudios de caso/control, llevada a cabo en 1991, se encontró que 8 evidenciaban una asociación negativa, 1 no mostró asociación alguna y sólo 3 presentaron una asociación positiva. En otra revisión de 20 estudios epidemiológicos, que realizó Ernst en 1997, se sugiere que las hortalizas bulbosas, incluida la cebolla, confieren un efecto protector frente a los cánceres del tracto gastrointestinal.

Los ajos también se han recomendado en la prevención de las enfermedades cardiovasculares debido posiblemente a sus propiedades antihipertensivas. No obstante, los resultados disponibles son todavía insuficientes para recomendarlos como terapéutica clínica rutinaria de los sujetos hipertensos. Sus efectos cardioprotectores posiblemente se deben más a su efecto hipocolesterolémico.

Un análisis de los resultados de 5 ensayos clínicos (Warshafsky y col., 1993), en los que participaron 410 pacientes, elegidos al azar y controlados con placebo, demostró que la ingestión media de 900 mg de ajos por día (que equivalen a medio diente de ajo) disminuía los niveles totales de colesterol del suero en un 9% aproximadamente. En otro análisis posterior (Silagy y Neil, 1994) se vio que la ingestión de 800 mg de ajos/día reducía la concentración sanguínea de colesterol en un 12%. La validez de ambos estudios es limitada ya que no se controlaron la ingesta diaria de alimentos, el peso de los individuos, la ingestión de ajos, ni otros factores, como la dosis experimental. En otro estudio con muestreo al azar y control de placebo y de la dieta (Isaacsohn y col., 1998) se encontró que la ingestión de ajos durante 12 semanas no disminuía los niveles de colesterol de las personas hipercolesterolémicas.

Soja

Las semillas de *Glycine max* tienen una proteína de gran calidad nutritiva. Además constituyen la materia prima de muchos alimentos, frescos y fermentados, que si originalmente se consumían en los países del Lejano Oriente, cada día son más populares en los países industrializados de América y Europa. Se le han atribuido propiedades preventivas y curativas de la enfermedad isquémica coronaria, del cáncer y de la osteoporosis, habiéndose recomendado su empleo para mitigar los trastornos menopaúsicos.

Su empleo para rebajar el colesterol plasmático es uno de los mejor documentados fisiológicamente. Anderson y col., analizaron en 1995, 38 publicaciones distintas en las que 743 individuos que consumían soja y sus derivados mostraron disminuciones significativas del colesterol total (93,%) del LDL-colesterol (12,9%) y de los triglicéridos (10,5%), mientras que aumentó el HDL-colesterol (2,4%). Los análisis de regresión lineal de los resultados de estos estudios demostraron que había que ingerir 25 g de soja, o más, para que sus efectos en los lípidos sanguíneos fueran significativos. Se admite como agente responsable a las isoflavonas (Potter, 1998) pero se desconoce su mecanismo de acción. En mayo de 1998 la empresa *Protein Technologies International* (PTI) solicitó autorización de la FDA para hacer constar en el etiquetado de sus productos a base de soja que “disminuyen el riesgo de enfermedad isquémica coronaria”. Basándose en una ingesta diaria de 25 gramos de proteína de soja, PTI propuso que la cantidad mínima de esta proteína que debía contener un producto alimenticio para calificarlo de hipocolesterolemizante era de 6,25 g, con un contenido mínimo de isoflavonas de 12,5 mg por ración consumida. En agosto del mismo año (1998) la FDA aprobó la petición de PTI.

En las semillas de soja se han identificado diversas sustancias anticancerosas, ente las que sobresalen (Messina y Barnes, 1991) las isoflavonas sobre todo, genisteína y daidzeína. Las isoflavonas se parecen estructuralmente a los estrógenos esteroideos y compiten con los estrógenos naturales, que son mucho más potentes, por los sitios de unión a los receptores. Esto explicaría porqué las poblaciones que ingieren mucha soja están menos expuestas a las neoplasias estrógeno depen-

dientes. Sin embargo, debe señalarse que los estudios epidemiológicos sobre ingesta de soja y riesgo de cáncer son inconsistentes y hasta la fecha no se han publicado ensayos clínicos que demuestren que la ingestión de soja disminuye el riesgo de esta enfermedad.

También se ha dicho que la soja podría favorecer la salud ósea. En la Universidad de Illinois se observó que el suministro diario a 66 mujeres menopáusicas durante 6 meses de 40 g de aislado de soja, que contenía 90 mg de isoflavonas, aumentó significativamente, tanto el contenido mineral de las vértebras lumbares, como su densidad ósea (Erdman y Potter, 1997).

La teoría de que la soja alivia los trastornos de la menopausia se basó en que las mujeres del SE asiático presentaban “subidas de calor” y sudoración nocturna significativamente menores que las mujeres occidentales. En 1998 Albertazzi y colaboradores comprobaron que el suministro diario, durante 3 meses, de 60 g de aislado proteico de soja disminuyó en el 45% de las mujeres menopáusicas las subidas de calor. De todos modos, es demasiado pronto para sugerir que la soja podría sustituir a la terapéutica hormonal para el tratamiento de los trastornos menopáusicos.

Brecolera y otras crucíferas

Ciertas evidencias epidemiológicas sugieren que el consumo frecuente de coles, brecolera y verduras similares disminuye el riesgo de padecer cáncer. Este efecto es máximo, al parecer, en las neoplasias de los tractos digestivo y respiratorio (WCRF, 1997).

En una revisión reciente (Verhoeven y col., 1997) se apreció una relación inversa entre consumo de coles, brécol, coliflor y coles de Bruselas y riesgo de cáncer. Las propiedades anticancerosas de estas verduras se han atribuido a su alto contenido de glucosinolatos.

A este respecto conviene recordar que se sabe, desde hace bastantes años, que son muchos los tioglucósidos o glucosinolatos producidos por las hortalizas de la familia de las crucíferas (Tabla 5). Tanto los tioglucósidos, como sus derivados (nitrilos, isotiocianatos y tiocianatos) han

TABLA 5

*Principales glucosinolatos de las hortalizas**



| Nombre corriente | Grupo característico de aglicona (R) | Hortalizas que lo contienen ** |
|------------------|--------------------------------------|---|
| Glucoalisina | Metil-sulfinil-pentil- | Nabo (<i>Brassica napus</i> var. <i>napobrassica</i>), Colza (<i>B. napus</i> var. <i>oleifera</i>), rábano (<i>Raphanus sativus</i>) |
| Glucobrasícina | Indolil-metil- | Nabo, colinabo (<i>B. oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>), col (<i>B. oleracea</i>), rábano. |
| Glucobrasicapina | Pentencil- | Nabo, rábano, colza |
| Glucocaparina | Metil- | Alcaparra (<i>Capparis fomentosa</i>) |
| Glucocleomina | Metil-hidroxi-butil- | Alcaparra |
| Glucoiberina | Metil-sulfinil-propil- | Col, alcaparra, rábano, nabo, colza |
| Gluconapina | Butencil- | Col, colza. |
| Gluconasturtina | Hidroxipentencil | Nabo, col, berro (<i>Rorippa nasturtium aquaticum</i>) rábano, colza |
| Glucorrafanina | Metil-sulfinil-butil | Col, rábano |
| Glucotropeolina | Bencil- | Papaya (<i>Carica papaya</i>) |
| Progoitrina | Hidroxi-butenil- | Rábanos, col, nabo, colza |
| Sinalbina | Hidroxi-bencil- | Mostaza blanca (<i>Sinapis alba</i>), colza |
| Sinigrina | Alil- | Col, mostaza negra (<i>Sinapis nigra</i>) alcaparras |

* Se han identificados unos 50

** Pueden encontrarse en hojas, tubérculos, bulbos y semillas, dependiendo de cada hortaliza.

sido muy estudiados por su capacidad tóxica y por sus propiedades antitiroideas, ya que consumidos como aparecen en las hortalizas y durante mucho tiempo, inhiben la fijación de yodo en la tiroxina, produciendo hipertiroidismo (bocio). Parte de los glucosinolatos ingerida con el forraje del ganado lechero se elimina por la leche contribuyendo así a la presentación del bocio humano.

Los glucosinalatos se almacenan en las vacuolas celulares de las plantas que los contienen. Algunos de sus derivados como los isotiocianatos, en especial el alilisotiocianato (AITC) y el feniletilisotiocianato (PEITC) son anticarcinogénicos y anticancerosos. Ambas propiedades se deben a sus efectos en la expresión de las enzimas que intervienen en el metabolismo de los agentes cancerígenos y en la proteína quinasa, estrés activada, que induce a las células tumorales a comenzar la apoptosis.

Durante la preparación, cocinado, distribución y consumo de las hortalizas, la mirosinasa (β -tioglucósido glucohidrolasa) hidroliza los glucosinolatos, que también pueden degradarse por otras causas. En las hortalizas en su estado natural los glucosinolatos y la mirosinasa están separados compartimentalmente pero interactúan al traumatizarse los tejidos vegetales. La mirosinasa de la microbiota intestinal también contribuye a la hidrólisis *in vivo* de los glucosinolatos. Los dos compuestos de este tipo más llamativos son la sinigrina y la gluconasturtina (Figura 2), cuya hidrólisis por la mirosinasa rompe el enlace tioglucosídico rindiendo glucosa y una aglicona inestable (tiohidroximato-O-sulfonato), que sufre una redistribución espontánea dando alilisotiocianato y feniletil isotiocianato respectivamente. También se forman otros compuestos como nitrilos, tiocianatos e isotiocianatos. La formación de estos compuestos biotóxicos, como respuesta a los traumatismos de los tejidos vegetales, sugiere que se produce una activación *in situ* del sistema glucosinato mirosinasa que actúa como plaguicida implicado en la autodefensa vegetal frente al ataque de insectos y otros depredadores naturales.

En condiciones fisiológicas al reaccionar los isotiocianatos rápida y reversiblemente con los grupos tiolcisteinilo producen derivados de S-tiocarbamoilcisteína y al hacerlo lentamente con los grupos amino, rinden tioureas. Una reacción competidora es la hidrólisis de los isotiocia-

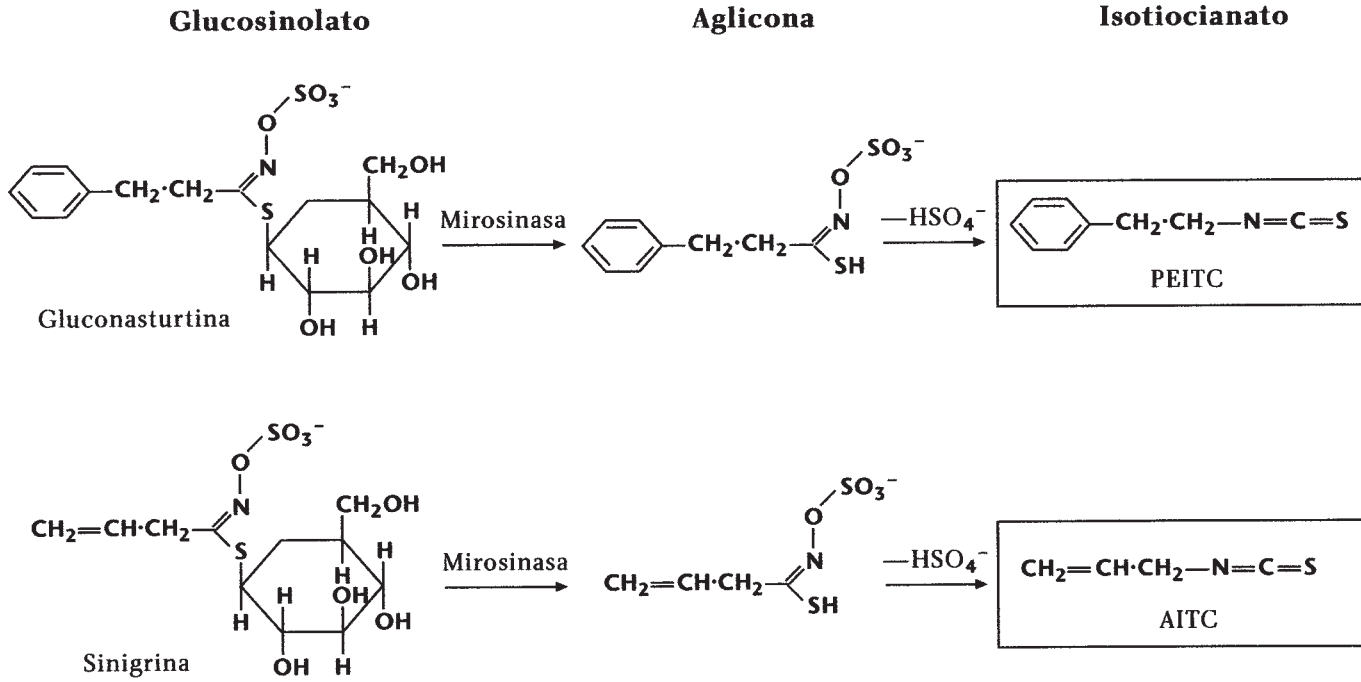


Figura 2. Formación de fenil isotiocianato (PEITC) y de alil isotiocianato (AITC) a partir de los tioglucósidos de la dieta.

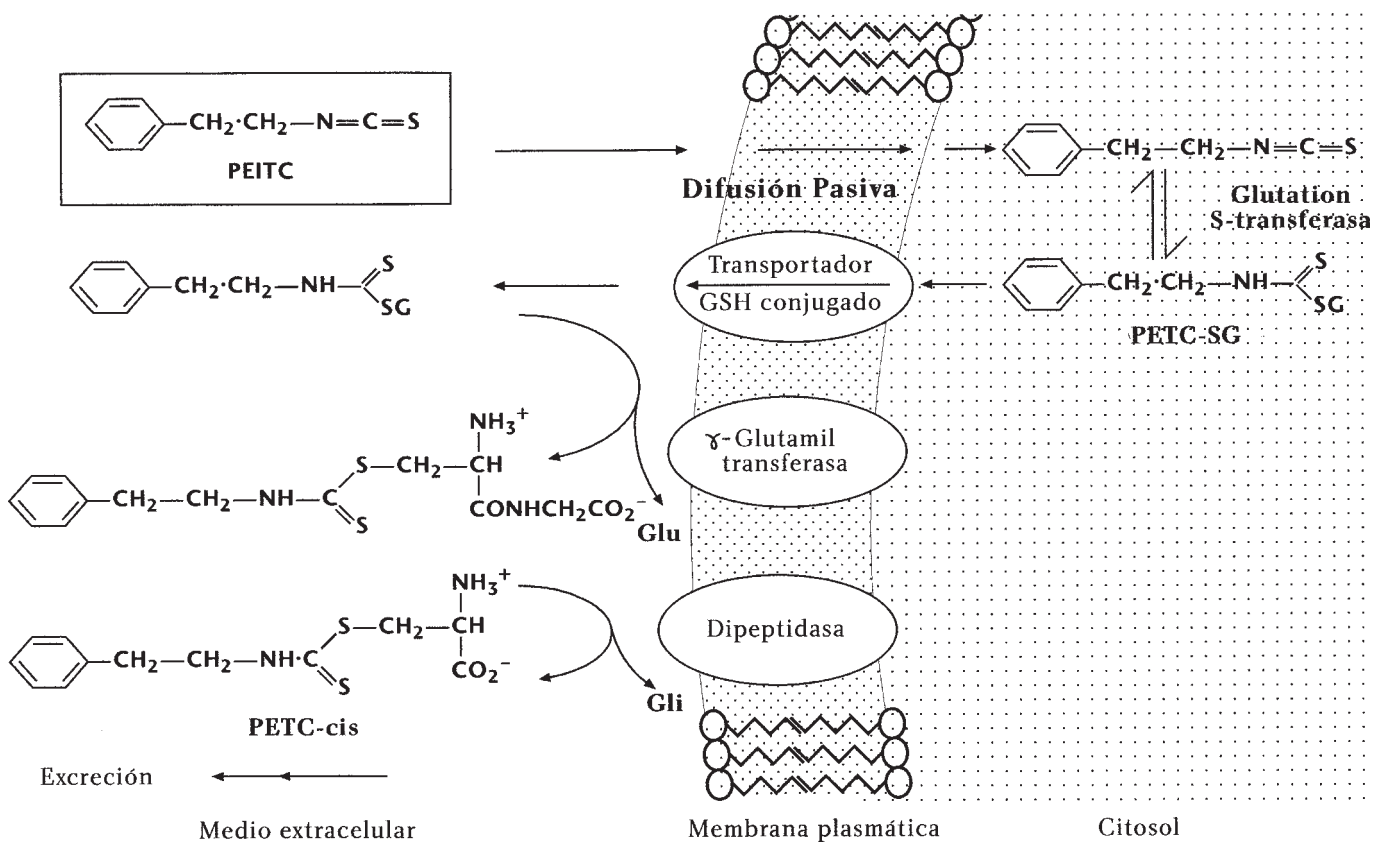


Figura 3. Esquema del metabolismo del PEITC. Obsérvese que todos los derivados cisteinil conjugados están en equilibrio con el PEITC y con los metabolitos cisteinilo libres y que el PEITC se hidroliza irreversiblemente a feniletilamina (que no figura en el esquema). G = Glutation; PETC-cis = S-(N-feniltiocarbamoil)-cisteína; PETC-SG = S-(N-feniltiocarbamoil)-glutation.

atos a los correspondientes monotiocarbamatos y su fragmentación a las aminas respectivas. En la figura 3 se muestran estas reacciones referidas al PEITC. Espontáneamente y también bajo la acción de las glutatión-S-transferasas se forma el correspondiente aducto de glutatión. Después el glutatión conjugado [S-(N-feniletiltiocarbamoil)glutatión], puede salir de las células y metabolizarse a ácido mercaptúrico [N α -acetil-S-(N'-femetil tiocarbamoil)cisteína], que se excreta por la orina. Tanto el PEITC, como su conjugado de cisteína han despertado recientemente mucho interés por sus acciones anticancerígenas y por su posible utilidad como quimiopreventivos del cáncer.

La actividad quimiopreventiva anticancerosa de los isotiocianatos de la dieta se ha atribuido a que disminuyen la activación de los carcinógenos y a que aumentan su conjugación facilitando así su eliminación con la orina. Se ha comprobado que los isotiocianatos y sus conjugados de cisteína inhiben a las isoenzimas citocrómicas P450, 1A1, 1A2, 2B1 y 2E1. También se ha visto que aumentan la actividad de las enzimas implicadas en la destoxificación y conjugación de los cancerígenos que deben eliminarse, esto es, de las glutatión-S-transferasas, quinona reductasa, epóxido hidrolasa y UDP-glucuronosil transferasas (Zhang y Talalay, 1994). Además, otra actividad farmacológica de los isotiocianatos de la dieta y de sus derivados S-(N-tiocarbamoil) cisteína es su capacidad anticancerosa. La inhibición del crecimiento tumoral, durante el desarrollo preclínico del cáncer, es otro factor a tener en cuenta en la menor incidencia de cáncer que tiene lugar cuando se ingieren glucósidos con la dieta. Como señala el Prof. Thornalley (1999), tanto los isotiocianatos como sus conjugados inducen *in vitro* la apoptosis de las células neoplásicas, habiéndose comprobado que el PEITC, a una concentración media inhibitoria del crecimiento de 1,49 μ M induce la apoptosis de las células leucémicas humanas HL 60. A los lectores interesados en la mutagenicidad, progresión tumoral y apoptosis les recomendamos la lectura de los trabajos de Cascales (1999).

La mirosinasa, además de isotiocianatos, produce también indoles. El indol-3-carbinol se está ensayando por sus propiedades quimiopreventivas frente al cáncer de mama. No sólo induce las reacciones de destoxificación de las fases I y II, sino que disminuye el riesgo de

cáncer al regular el metabolismo de los estrógenos (Wang y col., 1998). Las hidroxilaciones de los estrógenos, en los carbonos 16 y 2 implican una competición por las rutas dependientes de las citocromo P-450, cada una de las cuales comparte como sustrato un *pool* común de estrógenos. Ciertos estudios sugieren que el aumento de los estrógenos 2-hidroxilados (catecol) en lugar de los hidroxilados en posición 16, protegería contra el cáncer, dado que los primeros, esto es, los 2-hidroxilados actúan como antiestrogénicos en los cultivos celulares. Como contraste, la 16-hidroxiestrone es estrogénica y puede unirse a los receptores de estrógenos. En las mujeres el indol-3-carbinol, administrado a una dosis diaria de 500 mg (lo que equivale a 350-500 g de col/día) durante una semana aumenta significativamente la hidroxilación en posición 2 del estradiol, lo que sugiere que este compuesto quizá constituya una nueva forma de reducir el riesgo de cáncer de mama (Michnovicz y Bradlow, 1998); no obstante, los ensayos sobre detoxificación de la fase I continúan (Wong y col., 1998).

Si bien son muchos los isotiocianatos naturales y sintéticos que se ha demostrado que previenen el cáncer en los animales, se ha prestado una atención especial a un isotiocianato aislado de la brecolera, conocido como **sulforafano**. Esta sustancia se ha visto que es el inductor principal de un tipo de enzima singular de la fase II, concretamente de la quinona reductasa. Fahey y colaboradores demostraron en 1997 que las plántulas de brecolera de sólo tres días contenían de 10 a 100 veces más glucofaranina (el glucosinolato del sulforafano) que las correspondientes plantas maduras. De todas formas, en vista de la importancia de las pautas dietéticas globales en la disminución del riesgo de cáncer, las implicaciones clínicas de un solo fitoquímico aislado deben admitirse con bastantes reservas (Nestle, 1998).

Seguridad de los alimentos funcionales

Cada vez son más las publicaciones que demuestran que los alimentos funcionales contienen sustancias activas que podrían ser beneficiosas para la salud. Su seguridad, como la de cualquier compuesto que penetre en el organismo, debe estar fuera de toda sospecha; de aquí la necesidad

de establecer con todo detalle, en todas las personas y circunstancias, cuáles son las dosis o niveles óptimos de fitoquímicos en cada situación.

Asimismo y dada la tendencia creciente al consumo de alimentos funcionales fisiológicamente activos, deben analizarse y sopesarse cuidadosa y pormenorizadamente los beneficios y riesgos (si los hubiese) en individuos y poblaciones distintos. Por ejemplo, ¿frente a qué riesgos y en que condiciones debe recomendarse el aumento de la ingesta de productos que, como las isoflavonas, modulan el metabolismo de los estrógenos?. Piénsese, además, que las isoflavonas de la soja constituyen una espada de doble filo, ya que se ha visto recientemente que la genisteína promueve la tumorigénesis en los animales.

Estos alimentos no son, pues, soluciones mágicas, ni panaceas que vayan a terminar con los malos hábitos alimentarios. Téngase en cuenta que, en realidad, no hay alimentos malos y buenos, sino buenas y malas dietas, o mejor todavía, buenos y malos hábitos de vida.

Las asociaciones de médicos, bromatólogos y nutrólogos del mundo industrializado abogan por unas dietas variadas con abundantes productos vegetales, ricas en fibra alimentaria, bajas en grasas saturadas (< 10% del contenido graso total de la dieta) y con un consumo de 6-10 porciones o raciones de frutas y hortalizas al día. Pero como acabamos de señalar, la dieta es sólo un componente de lo que se ha llamado **estilo de vida** del que depende realmente la salud. Otros componentes importantes son el tabaquismo, la actividad física y el estrés.

Las posibilidades preventivo curativas de los alimentos funcionales están aún comenzando a conocerse científicamente y las alegaciones sobre sus beneficios se hacen, con frecuencia, muy a la ligera y sin tener en cuenta criterios científicos. Por ello deben continuar las investigaciones para establecer los posibles efectos beneficiosos de los alimentos de aquellas dietas cuyas relaciones con la salud no han sido validadas científicamente.

Las investigaciones realizadas con los alimentos funcionales no influirán en la salud pública a no ser que sus resultados beneficiosos se hagan llegar con claridad a los consumidores. Recientemente la Escuela de Salud Pública de Harvard (Boston, EEUU) y la Fundación del Con-

sejo Internacional de Información Alimentaria (Washington D.C.) han publicado una serie de guías destinadas a científicos, editores de revistas, periodistas, agrupaciones profesionales interesadas y a otras personas preocupadas por la salud que pretenden mejorar la comprensión popular de la ciencia emergente. En España son dignos de citarse los encuentros entre investigadores de la salud y periodistas, auspiciados por la Fundación BBV y el *Master* para periodistas científicos organizado por la Facultad de Ciencias de la Información de la UCM y la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales del Instituto de España. En ambos eventos he tenido la suerte de participar. Lo que se pretende con estas actividades es, entre otras cosas, asegurar que los resultados de las investigaciones en nutrición, tecnología de los alimentos, seguridad alimentaria y salud se den a conocer de forma clara, equilibrada y sin inducir a error.

V. NUTRAECÉUTICOS O FARMALIMENTOS

El nombre de nutracéutico lo empleó por primera vez en 1989 la Fundación para la Innovación en Medicina de los EEUU (*Foundation for Innovation in Medicine*), al definir a estos productos como “cualquier sustancia que una vez ingerida produce efectos beneficiosos en la salud, incluidas la prevención y el tratamiento de enfermedades”. En esta definición caben, por tanto, una gran variedad de géneros alimenticios heterogéneos que tienen muy poco en común, por ejemplo, aislados proteicos, fibra dietética, fortificadores o enriquecedores alimenticios, extractos vegetales, fitoquímicos, alimentos para administrar parenteralmente y otros. Nada tiene de extraño que a medida que llegaban al comercio y dependiendo del fabricante recibieran otros nombres como farmalimentos, alimentos vitales, alimentos medicamentados, alimentos para usos especiales y hasta alimentos funcionales.

Seis años más tarde el Consejo Internacional de Información Alimentaria (*International Food Information Council*) de EEUU los redefinió como “alimentos que contienen niveles significativos de compuestos biológicamente activos que al consumirlos convenientemente producen efectos nutritivos beneficiosos”. Esta definición es también muy poco concreta.

La Directiva 389/89/CEE sobre productos destinados a alimentación especial ha puesto un poco de orden al regular al menos, los alimentos para lactantes, los de control de peso, los deficientes en algún componente, etc., pero tampoco distingue nítidamente entre los distintos alimentos que se contemplan bajo los encabezamientos citados al principio.

Los nutracéuticos persiguen la prevención o curación de alguna enfermedad o alteración metabólica. Son los que llaman en Japón *Foshu* o “alimentos con aplicaciones sanitarias específicas”.

Pszczola en un artículo que publicó en *Food Technology* (Oct., 1999), titulado *Nutraceuticals that take the form of candy and snacks* (Nutracéuticos con aspecto de dulces y tentempiés), señala que un tentempié es todo alimento que se toma entre las tres comidas principales y a veces, si se tiene prisa, en lugar de alguna de ellas. Hasta hace muy poco ni los dulces, ni los tentempiés se habían vendido como “productos beneficiosos para la salud”, sino más bien todo lo contrario, como algo que se ingería en ocasiones en cantidades excesivas mientras se mataba el tiempo, de aquí que sus máquinas expendedoras automáticas se situasen inicialmente en estaciones de metro, de autobuses, etc. Posteriormente su consumo se popularizó en el cine, en los colegios entre clase y clase y hasta en casa mientras se contempla la TV. Pero para las madres eran una pesadilla, ya que sus hijos al consumir muchas de estas chucherías apenas comían, si es que lo hacían, las comidas preparadas en casa.

Esta situación está cambiando y en muchos países industrializados hay a la venta caramelos de goma, barritas de chocolate, galletas, bombones, y productos similares de cuyos ingredientes forman parte fitoquímicos, extractos de yerbas, minerales y vitaminas. Cada día hay más productos de esta clase que si en un principio se vendían en farmacias y parafarmacias hoy han llegado a todos los lugares de venta al por menor. En EEUU se han hecho grandes inversiones en I+D de estos nutracéuticos y en cualquier local comercial pueden comprarse libremente nutracéuticos que dicen que ayudan a mantener en buen estado la salud, a cuidar el corazón o los riñones, a mejorar y evitar la pérdida de memoria, el rendimiento físico, la salud ósea y en una palabra el buen funcionamiento corporal.

Veamos a continuación en la tabla 6 algunos ejemplos:

TABLA 6

*Algunos Nutracéuticos o Farmalimentos desarrollados en 1999**

| <i>Nombre del producto</i> | <i>Empresa fabricante</i> | <i>Ingredientes fundamentales</i> | <i>Usos</i> |
|----------------------------------|--|--|--|
| Heart-Bar | Cooke Pharma (California) | L-arginina.- Vits. C,E, B ₆ , B ₁₂ , niacina y folato | Enfermedades cardiocirculatorias |
| Brain-Gum | Lucas Meyer, Inc. (Illinois) | Fosfatidilserina | Prevención y cura de pérdida de memoria |
| Champex | Ricom (Japón, EEUU) | Extracto de setas | Favorece funciones hepática y renal e inhibe producción oxígeno activo y leucotrieno |
| Pastas para diabéticos | Watson Nutritional Ingredients (Connecticut) | Sin azúcar. Con 0,024 mg de Cr, 80 de Mg y 3 de Zn (20% de ingestas diarias recomendadas) | Como tentempiés o como parte de una comida rápida |
| Throat decongestant | Tom's of Maine | Extracto de valeriana, mentol | Descongestivo en gripe y catarros |
| Natural Tonic | Tom's of Maine | Extracto de equinácea y de té verde | Tonificante y estimulante del sistema inmune |
| Keeble Grahams y Snackin Grahams | Keeble (Illinois) | Calcio (10% de la ingesta recomendada por unidad) | Como galletas y bombones que aportan calcio |
| Viactiv | Mead Jonson (Indiana) | Calcio | Como chicle y caramelos de café con leche |
| Nutra Pops | Dependable Gift and Candy, Inc (California) | Artemisa; sabor a piña colada (<i>Happy</i>). Gingko biloba; sabor a café capuchino (<i>Smarty</i>). Piruvato y picolinato crómico; sabor a chocolate (<i>Skinny</i>). Kava-kava y granadilla; sabor a crema de fresa (<i>Sex</i>) | Como "chupa chups" (solo se venden a los adultos). |
| Yummi Bears | Hero Nutr. Prods. (California) | 1200 mg fibra de raíz de chicoria | Como pastillas de goma para aumentar fibra. |

* Elaborada a partir de Pszczola, D.E., 1999. *Nutraceuticals that take the form of candy and snacks. Food Technology* 53: (10): 74-80.

1. *Heart-Bar*. Es un producto dulce, con forma de barra o chupón fabricado por *Cooke Pharma* en Belmont (California) desde 1999. Se puede comprar sin receta médica en todas las farmacias de EEUU. Su principio activo es la L-arginina que, en los animales de experimentación, mejora la salud arterial, aumenta la producción de óxido nítrico y favorece el flujo sanguíneo.

Además lleva también vitaminas C, E, B₆, B₁₂, niacina y folato en las cantidades recomendadas para pacientes con enfermedades cardiocirculatorias. Como alimento básico o fundamental lleva harina de soja que es también una buena fuente de fibra y fitoestrógenos. Por tratarse de un alimento medicado debe cumplir las condiciones impuestas por la FDA y consumirse bajo supervisión médica.

2. *Brain gum*. Se trata de chicle que lleva un suplemento de lecitina de soja que previene o mitiga el deterioro de la memoria que acompaña al envejecimiento. Contiene 40% de fosfatidilserina, sustancia importante en la neurotransmisión sináptica. Está pendiente de evaluación por la FDA.

3. *Champex*. Es un extracto de setas que anula los malos olores de aparato digestivo. Lo elabora la empresa japonesa Ricom y se incorpora a caramelos de goma y a chicles. Estudios japoneses recientes señalan que este extracto mejora las funciones renal y hepática, impidiendo que progrese el fallo renal (Pszczola, 1999). También inhibe la generación de oxígeno activo y de leucotrieno, sustancias ambas implicadas en ciertas patologías y en el envejecimiento.

4. *Keebler Grahams* y *Snackin Grahams*. Son dos versiones de galletas enriquecidas con calcio que aportan por unidad un 10% de la ingesta recomendada de este mineral. Desde agosto están a la venta en todos los supermercados de EEUU. Las fabrica la empresa Kleeber en Elmhurst (Illinois).

También Mead Jonson Nutritionals fabrica chicles de chocolate, bajo el nombre registrado de *Viactiv Soft Calcium Chews*, especialmente recomendados para que en niños y mujeres aumente la ingestión de calcio.

Hay otros muchos productos a la venta que, como los anteriores, llevan entre sus ingredientes diversos fitoquímicos y extractos vegetales,

como raíz de achicoria, tragacanto, uña de gato (*Ononis spinosa*) ginseng kavakava, grandadilla, etc. y minerales, vitaminas, cinc y antioxidantes. En la tabla 6 sólo se muestran algunos de los desarrollados en 1999.

VI. ALIMENTOS LIGEROS

Los alimentos y bebidas ligeros (*light* en inglés) han sido uno de los avances del último tercio del siglo XX de mayor éxito comercial; sus ventas y demanda siguen creciendo todavía. Inicialmente se trataba de productos alimenticios y bebidas de bajo contenido graso y azucarado, es decir, pobres en energía. En la actualidad bajo el calificativo de *light* se incluyen también productos a los que se ha privado, en todo o en parte, de alguno de sus componentes, por ejemplo, alcohol (cerveza sin alcohol), colesterol o cualquier otro.

Su elaboración ha sido en gran parte consecuencia de las recomendaciones nutritivas de prestigiosas agrupaciones científicas, como la Academia de Ciencias de EEUU, la Sociedad Americana de Cardiología, la Fundación Británica de Nutrición y otras instituciones de este tipo entre las que se incluyen las sociedades españolas de Nutrición, Cardiología, etc. Todas ellas han recomendado que se rebaje la energía total de la dieta de los países industrializados y que sólo el 30% de la misma proceda de la grasa. De este 30% máximo, el 7-10% corresponderá a las grasas saturadas, el 10-12% a las monoinsaturadas y el resto a las poliinsaturadas.

TABLA 7

Alimentos considerados Light

- | |
|--|
| — Carentes de grasa |
| — Con menor contenido de grasa total |
| — Con menor contenido de grasa saturada |
| — Sin colesterol (o con menor contenido) |
| — Desprovistos de azúcar o con menor contenido |
| — Sin alcohol o con menor contenido |

La mayoría de los consumidores hoy son conscientes del peligro que supone la ingestión habitual de dietas demasiado energéticas; así se deduce de una serie de encuestas, como por ejemplo la llevada a cabo por el Instituto de Mercado de los Alimentos de los EEUU (*U.S. Food Marketing Institute*), donde los encuestados manifestaron que su mayor preocupación nutritiva era el contenido graso de los alimentos (Tabla 8).

TABLA 8

*Aspectos nutritivos que más preocupan a los consumidores de EEUU**

| <i>Preocupación Principal</i> | <i>Respuestas afirmativas (%)</i> |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Contenido graso | 27 |
| Contenido de sal | 26 |
| Concentración de colesterol | 22 |
| Contenido de azúcar | 20 |
| Calorías (pocas) | 14 |
| Valor nutritivo | 14 |
| Aditivos químicos | 12 |

* *Trends-consumer attitudes and the Supermarket*. Food Marketing Institute, 1998 (Modificada).

A los alimentos *light*, además de sustraerles parcialmente o totalmente alguno de sus nutrientes o componentes característicos, en ocasiones tal ingrediente se sustituye por uno de sus sucedáneos o agente de imitación cuyo contenido calórico es nulo o muy escaso. Así sucede, por ejemplo, al sustituir el azúcar por edulcorantes artificiales en la fabricación de productos de pastelería, o la grasa de la mayonesa y salsas similares por olestra (una grasa de imitación inabsorbible y por lo tanto, acalórica).

Las ventas de estos productos en España y en el resto de mundo han superado las expectativas más halagüeños. En la tabla 9 se indican las ventas en España de los alimentos *light*, más representativos.

TABLA 9

*Ventas de alimentos light en España (porcentaje respecto del total)**

| | |
|----------------------|----|
| Leche desnatada | 14 |
| Leche semidesnatada | 7 |
| Yogur desnatado | 23 |
| Cerveza sin alcohol | 6 |
| Bebidas refrescantes | 4 |

* Datos referidos a España correspondientes a 1998.

En nuestro país y en la UE, salvo en el sector lácteo, no hay legislación específica para estos productos que regule cuanto concierne a su etiquetado. Por supuesto que la Norma general de etiquetado también es obligatoria para los productos *light*, pero no olvidemos que son un conglomerados de sustancias muy heterogéneas que debieran disponer de una reglamentación específica. En EEUU están intentando acabar con el caos que supone el etiquetado de una cantidad tan enorme de productos. A título de ejemplo señalamos las normas de etiquetado de los alimentos de distinto contenido graso (Tabla 10).

TABLA 10

Normas de etiquetado de alimentos con distinto contenido graso (FDA y USDA)

| <i>Denominación</i> | <i>Contenido graso por ración o servicio corriente</i> |
|---|--|
| Libre de grasa (<i>Fat free</i>) | Menos de 0,5 gramos |
| Bajo en grasa (<i>Low fat</i>) | 3 gramos |
| Con menos grasa o con grasa disminuida (<i>Reduced or less fat</i>) | 25% menos que el alimento corriente |
| <i>Light</i> | Con un tercio menos de calorías o con 50% menos de grasa que el alimento corriente |

* Según el *International Food Information Council Foundation*, 1996

VII. ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

Se definen como los producidos por animales o plantas sometidos a técnicas de ingeniería genética. Bajo el punto de vista conceptual esto no es nuevo, dado que hace muchos años que el hombre ha modificado las plantas y los animales productores de alimentos utilizando la hibridación y la mutagénesis que, a fin de cuentas, es actuar sobre el genoma. La hibridación o cruce consiste en juntar dos genomas parenterales (formados por varios millares de genes) para que al repartirse o distribuirse por su descendencia se forme un solo genoma del que forman parte los genes de interés de cada parental. Sin embargo, la probabilidad de encontrar la combinación de genes buscada es muy baja; por ello con este proceder son mucho más los fracasos que los éxitos.

La mutagénesis consiste en tratar el genoma con un agente agresivo, llamado mutágeno, que lesiona o altera el gen o genes que interese. Hasta hace poco era casi imposible conseguir que la lesión o daño afectase única y exclusivamente al gen o genes que deseaba alterarse, de aquí que fuera muy alta la posibilidad de dañar otros genes. Por lo tanto, ambos procedimientos carecen de una dirección u orientación definida. Por el contrario las técnicas de manipulación genética del ADN, la llamada ingeniería genética permite separar uno o más genes de un organismo determinado (organismo donador) y transferirlos a otro individuo de la misma o distinta especie (organismo receptor) que expresará características o atributos propios del donador. Así se originan los organismos transgénicos o modificados genéticamente (OMG).

La aplicación de la técnica descrita ha permitido muchos avances en Biomedicina, Agricultura y Ciencia de los Alimentos, lo que, sin duda alguna influirá mucho en el desarrollo futuro de la población humana.

Se ha calculado que en EEUU hay más de 1700 empresas trabajando en I+D en Biotecnología genética y en Europa más de 700. La mayoría se dedican a la obtención de productos terapéuticos (Pret, 1999). En el sector agroalimentario seis son las compañías dominantes: Monsanto, Novartis, AgrEvo, Dupont, Astra Zeneca y Dow. En 1997 sus inversiones en desarrollo biotecnológico se aproximaron a los 8 millardos de dólares USA y Monsanto sola invirtió 730 millones.

El cultivo de plantas transgénicas o modificadas genéticamente (MG) ha crecido mucho en los últimos años (Lacadena, 2000). En 1994 todavía no había cultivos industriales en ningún lugar del mundo. Cuatro años más tarde ya se cultivaron 29 millones de Ha en EEUU, Canadá, Australia, Argentina y México. Sólo en EEUU las cosechas de plantas MG supusieron el 43% de la cosecha total de soja y el 20% de la de maíz. En China, en 1998, unos 650.000 labradores sembraron algodón transgénico y en 1999 se dedicaron a este cultivo casi un millón de Ha. En el 2000 se calcula que más del 75% del maíz producido en China procederá de cultivos transgénicos.

Los primeros productos alimenticios modificados genéticamente que se han elaborado han sido quesos fabricados con quimosina (cuajo) procedente de bacterias MG. En 1995 se cosecharon tomates carentes del gen responsable de la síntesis de poligalacturonasa, enzima responsable del ablandamiento, con lo que permanecieron, sin ablandarse, mucho tiempo en la mata o tomatera; ello les permitió desarrollar todo su sabor, aroma y color sin rastro de podredumbre. Hoy se comercializan en todo el mundo alrededor de una docena de alimentos transgénicos, si bien deben ser en torno a los 200 los pendientes de autorización para su venta. Algunos países mantienen ciertas reservas, otros (España entre ellos) disponen ya de cultivos modificados genéticamente. Con ellos se pretende: (1) aumentar la producción o rendimiento, (2) una mayor resistencia del cultivo a las plagas (insectos y malas yerbas), (3) asimismo mayor resistencia a los fitosanitarios (insecticidas, herbicidas, fungistáticos y otros) y (4) conseguir unos frutos con mejores características organolépticas y nutritivas.

Al iniciarse el cultivo industrial de cosechas transgénicas la opinión pública se dividió en dos grupos: 1) quienes piensan que son seguros e imprescindibles para el progreso mundial y 2) los que creen que no deberían permitirse por el peligro que suponen para la salud humana y para el medio o ambiente (en especial para la biodiversidad). Gran parte de la oposición europea a los cultivos transgénicos se debe a que los consideran innecesarios y a que, según Robinson (1999), las grandes multinacionales que realizan la mayor parte del trabajo en I+D en este campo sólo buscan beneficios, despreocupándose o prestando poca atención a la seguridad ambiental y sanitaria.

Sin duda alguna la obtención y utilización de alimentos transgénicos no está exenta de riesgos, como tampoco lo está la de alimentos tradicionales ya que el riesgo cero no existe en ninguna actividad humana. Hasta la fecha no se ha autorizado la venta de ningún alimento transgénico que no haya superado una serie de pruebas de laboratorio muy estrictas cuyos resultados permiten conocer con exactitud y detalle su composición química nutritiva y su posible capacidad alergénica y toxigénica (véase Reglamento de la Comisión del Consejo de la UE del 27-01-1997).

Las mayores objeciones de los consumidores no se refieren tanto a los alimentos transgénicos como a los cultivos de donde proceden. La evaluación de los beneficios frente a los riesgos potenciales no es tan fácil como puede parecer ya que todavía se sabe poco de unos y otros (Pret, 1999) y a medida que pasa el tiempo y se dispone de más datos el problema se complica. Por ejemplo el maíz Bt (portador del gen que codifica la toxina de *Bacillus thuringiensis*) tiene, entre otras ventajas, la de no necesitar insecticidas durante su cultivo, lo que es bueno ambiental y sanitariamente, pero al retener la toxina de *B. thuringiensis* en sus tejidos podría aducirse un efecto letal directo en los insectos beneficiosos y en la bioecología del suelo (Altieri, 1998; Crecchio y Stotzky, 1998; Losey y col., 1999). Recientemente el *Institute of Food Technologists* (IFT) ha puesto de manifiesto que la población de mariposas del género *Monarca*, uno de los insectos más sensibles al maíz Bt, no sólo no ha disminuido en EEUU (IFT, 2000) sino que, por el contrario, en los últimos ocho años se ha crecido mucho. Son bastante más peligrosos a este respecto los insecticidas a base de cultivos de *B. thuringiensis* aplicados directamente a los cultivos que al caer al suelo y ser arrastrados por el agua pueden llegar a zonas, cultivadas o no, situadas más bajas.

Mientras en EEUU no se exige un etiquetado específico para los productos alimenticios procedentes de plantas y animales MG, en la UE está en vigor desde el 1 de septiembre de 1998, el Reglamento comunitario 1139/98 ordenando que se señalen en la etiqueta los ingredientes procedentes de soja y maíz transgénicos. Un reglamento posterior (Reglamento (CE) 49/2000 de la Comisión) señala que cuando la concentración de ingredientes de organismos MG no supere el 1% no es necesario hacerlo constar en la etiqueta. El gobierno japonés también ordena

que los géneros alimenticios que llevan ingredientes transgénicos lo hagan constar en su etiqueta (Ferrer Falcón, 1999).

Para evitar muchas de las suspicacias y malentendidos que todavía aducen determinados grupos de consumidores lo mejor sería, como dice Lucke (1999), que se celebrasen foros abiertos de científicos, de técnicos, de la Administración, de asociaciones de consumidores y empresas biotecnológicas en los que se tratasen abiertamente y con profundidad todos los problemas surgidos en torno a los alimentos transgénicos. Schiffield (1999) ha señalado, con buen criterio, que las empresas alimentarias están deseosas de contar siempre con disposiciones legales claras, transparentes y armonizadas a nivel internacional, evitando al máximo las contradicciones debidas a legislaciones distintas, emanadas de países diferentes, que contribuyen a frenar el comercio internacional y a menudo a retrasar los avances y progresos innovadores.

Aunque son muchas las razones que justifican la utilización de productos transgénicos para mejorar el aporte alimenticio y aunque se ha demostrado que tales productos no son más peligrosos sanitariamente que los alimentos tradicionales, pienso que, hasta hace poco tiempo, los científicos no han sabido informar amplia y claramente a toda la población de las razones que justifican las técnicas biotecnológicas y la necesidad de estimular las investigaciones en este campo de aquí las reticencias de los consumidores mal informados.

VIII. ALIMENTOS CONSERVADOS CON PROCESOS COMBINADOS

Hace unos veinte años se vio que podía prolongarse la vida de almacén de los alimentos, sin afectar apenas a su frescura y palatabilidad, aplicándoles conjuntamente dos o más métodos de conservación. A esta metodología se le llamó *conservación de alimentos por procesos combinados*. Para ello se utilizan tratamientos tecnológicos poco agresivos o de poca intensidad, que, de usarse por separado, ninguno de ellos permitiría prolongar la vida útil de los alimentos, sin causarles daño. De aquí que los productos así tratados se conozcan como *alimentos mínimamente procesados*.

La utilización de los procesos combinados no es algo nuevo; de forma empírica y desde las primeras civilizaciones se han aprovechado los efectos conservantes de sus componentes; tal ocurre, por ejemplo con el ahumado y el escabechado cuyos efectos conservadores se deben, en el primer caso a las acciones del cloruro sódico y de los componentes del humo, de una parte y a la desecación que experimenta el producto ahumado de otra. En el escabechado el efecto conservante se debe a la sal, por un lado, y al ácido acético (vinagre) por otro. Pero los métodos o procesos combinados también se han empleado con otros fines como la preparación de momias en el Egipto de los Faraones (Chirife y col., 1991).

Posiblemente el mejor ejemplo de alimento tradicional mínimamente procesado por métodos combinados sea el magro de cerdo sometido a la acción conjunta de las sales del curado y de un tratamiento térmico pasteurizante, producto que se conoce en España como Jamón de York (Figura 4). Para que los microorganismos pudieran desarrollarse en este

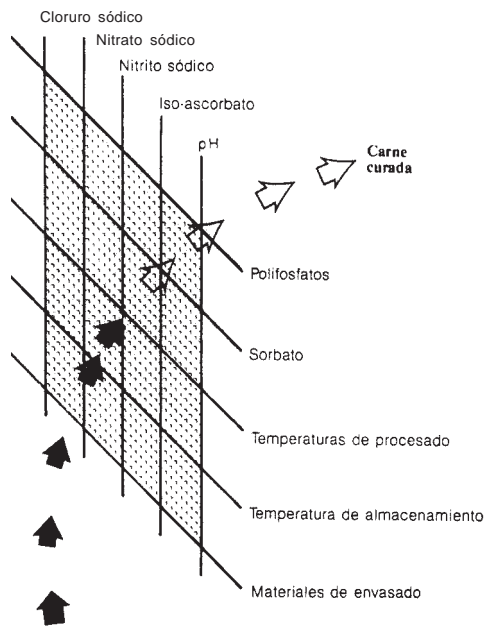


Figura 4. Barreras que impiden la germinación de las esporas, el crecimiento vegetativo y la producción de toxina de *Cl. botulinum* en el jamón de York. Recuérdese que el magro crudo de cerdo puede estar contaminado accidentalmente con esporas de *Cl. botulinum*.

producto alimenticio habrían de superar los obstáculos que suponen no sólo las sales del curado, sino el pH, el tratamiento pasteurizante, el potencial redox del alimento, etc. El profesor Leistner (1992, 1995), del Instituto Federal de la carne de Kulmbach (Alemania) postuló lo que llamó *tecnología de obstáculos*, según la cual diversos factores fisicoquímicos que actuarían como vallas, barreras u obstáculos (en realidad factores inhibidores), y que individualmente son incapaces de inhibir a los microorganismos, aplicados en serie y sucesivamente evitan el desarrollo microbiano.

La conservación de alimentos por procesos combinados (CAPC) es de dos tipos: 1) la que ejerce un efecto conservador equivalente a la suma de los efectos conservantes individuales de sus componentes, caso del pescado salado y desecado y 2) la que tiene un efecto conservante mayor que esta suma, conservación sinergista. Este segundo tipo de CAPC es el que más interés ha despertado entre los tecnólogos de los alimentos. En la tabla 11 se indican algunos sistemas de CAPC utilizados en la elaboración de alimentos mínimamente procesados. Hoy sólo nos referiremos brevemente a unos pocos.

TABLA 11

Algunos sistemas de conservación de alimentos por procesos combinados utilizados en la elaboración de alimentos mínimamente procesados

I. Métodos tradicionales

1. Empleo de dos o más conservantes (escabeches y adobos)
2. Métodos físicos y conservantes (ahumados y cecinas)

II. Métodos nuevos

1. Atmósferas modificadas y refrigeración (carne y fruta)
2. Bacterias lácticas y refrigeración (leches fermentadas y embutidos)
3. Productos precocinados y congelados (1950)
4. Productos precocinados y refrigerados (1980)
5. Alimentos *sous vide*

TABLA 11 (continuación)

III. Métodos emergentes

1. Presiones hidrostáticas altas (zumos de frutas)
2. Pulsos campos eléctricos alta intensidad
3. Pulsos lumínicos
4. Procesado óhmico
5. Irradiación ionizante
6. Irradiación UV
7. Manotermosonicación.
8. Campos magnéticos oscilatorios.

Para la conservación de alimentos en atmósferas modificadas (AM), carne por ejemplo, se envasan en bolsas de plástico impermeables al aire y se les insufla la AM elegida, de acuerdo con las necesidades de almacenamiento, cerrándolas herméticamente a continuación. De esta forma se reducen los cambios bioquímicos del alimento, se frena el desarrollo microbiano, se retrasan las reacciones enzimáticas, se evita el enranciamiento y se mantiene su color típico. El vacío se considera también como una AM.

Los gases utilizados son CO₂, O₂ y N₂. La concentración óptima de CO₂ para la conservación de la carne es la comprendida entre 20 y 30%, si bien algunos investigadores lo han empleado experimentalmente como gas único. El resto se compone de aire, O₂ o una mezcla de oxígeno y nitrógeno. La carne fresca se envasa generalmente con concentraciones altas (> 50%) de oxígeno con lo que la mioglobina se oxigena a oximioglobina dando a la carne su color rojizo-rosáceo típico. De no incorporar oxígeno a la AM la carne presentaría una coloración rojo púrpura debida a la mioglobina reducida. El nitrógeno carece de actividad bioquímica y antimicrobiana pero contribuye a evitar las mermas por exudación y la retracción de las bolsas que contienen concentraciones altas de CO₂ (> 80%); además retrasa el enranciamiento al desplazar al oxígeno.

IX. BACTERIAS LÁCTICAS

Nutritivamente hablando son importantes probióticos ya que facilitan la absorción de la lactosa y se piensa, aunque no se ha demostrado firmemente, que inhiben la flora patógena intestinal, equilibran la microbiota entérica autóctona, actúan como antimutágenos e inhiben ciertos tipos de cáncer, estimulando además el sistema inmune.

Las razones principales de su antagonismo microbiano son la utilización de los carbohidratos disponibles a costa de otras bacterias y la disminución del pH del sustrato en el que crecen. Además de ácido láctico producen otros ácidos y sustancias antagonistas microbianas como H_2O_2 , diacetilo, acetaldehído, isómeros D de los aminoácidos y otros metabolitos de gran interés, como sustancias nitrogenadas no proteicas (SNNP) de bajo peso molecular y bacteriocinas. Entre las SNNP destaca la reuterina, producida por *Lactobacillus reuteri* que ha sido aislado del intestino humano y animal. Las bacteriocinas son un grupo heterogéneo de proteínas que sólo tienen en común su actividad antimicrobiana y su naturaleza proteica. La primera en conocerse fue la nisina, producida por *Lactococcus lactis* (antes *Streptococcus lactis*). Su espectro antimicrobiano se extiende a muchas bacterias Gram positivas, se elabora industrialmente y su empleo en los alimentos está autorizado en 45 países, incluidos EEUU, la UE y Japón. No tiene aplicación en la carne porque al pH de este alimento (6,5) es muy poco soluble y muy inestable.

X.- ALIMENTOS *SOUS VIDE*

Son productos alimenticios, envasados a vacío en bolsas de plástico *ad hoc*, cerradas herméticamente, sometidos a un tratamiento térmico suave y conservado en refrigeración hasta el momento de servirlos; entonces se calientan a la temperatura requerida.

Su elaboración ha sido posible gracias a la disponibilidad de bolsas a base de laminados de plástico resistentes al vacío y a las temperaturas de esterilización. El cocinado de estos alimentos, envasados como queda dicho, evita pérdidas de sus componentes aromáticos y su conservación en refrigeración, el sabor a “recalentado o sobrecalentado” que aparece

en los productos delicados como el pescado. El vacío evita la oxidación lipídica y por tanto los sabores rancios.

Si bien teóricamente algunos microorganismos patógenos psicrotolerantes podrían ocasionar problemas, las experiencias realizadas bajo el mecenazgo de la Organización Europea de Consumidores y los llevados a cabo por las autoridades sanitarias francesas han demostrado que unas buenas prácticas de fabricación y la aplicación del sistema HACCP son suficientes para evitar el desarrollo de cualquier bacteria patógena en los alimentos *sous vide*.

XI. SISTEMAS EMERGENTES

La mayor parte de los alimentos esterilizados lo han sido siguiendo el proceder de Appert que data de principios del siglo XIX. El calor utilizado en la esterilización comercial provoca cambios perjudiciales en el alimento, como ocurre con la leche esterilizada por el sistema tradicional que presenta, a menudo, sabor a “cocida o recalentada” y que se acompaña de pérdida de algunos nutrientes y aromas.

En cambio, en las tecnologías emergentes de conservación sin calor de los alimentos, los nutrientes esenciales, las vitaminas y los aromas no sufren daño alguno, o son mínimos. Entre estas tecnologías figuran las altas presiones (AP), los campos eléctricos pulsados de alta intensidad, los pulsos lumínicos intensos, los campos magnéticos oscilantes, la irradiación ionizante y los sistemas de obstáculos o barreras que se han estudiado más atrás.

No todas las técnicas emergentes citadas pueden utilizarse en la conservación de todos los alimentos; su utilización depende del tipo de alimento en cuestión. Así, las AP, los campos magnéticos oscilantes, los agentes conservante, los pulsos lumínicos y los “obstáculos” sirven lo mismo para conservar alimentos sólidos que líquidos. Los campos eléctricos pulsados de alta intensidad se aplican principalmente a los líquidos y la irradiación ionizante a los sólidos. Por otra parte para procesar alimentos preenvasados se emplean preferentemente la irradiación, los campos magnéticos oscilantes y los lumínicos.

Los estudios realizados hasta ahora con estos sistemas acalóricos son muy prometedores pero pasará cierto tiempo antes de utilizarlos a escala comercial. Todavía es poco lo que se sabe sobre los mecanismos implicados en la destrucción de microorganismos, esporas y enzimas. También se sabe poco de los posibles cambios y de la estabilidad de los nutrientes y de los compuestos responsables de los caracteres organolépticos durante el almacenamiento. A continuación y a título de ejemplo sólo nos referiremos a tres de estas tecnologías. Para más detalles deben consultarse las publicaciones de Tsong (1990), Blanchard y Blackman (1994), Gould (1995), Vega Mercado (1996), Farkas y col. (1997), Barbosa Canovas y col. (1998) y Thayer y Rajkoski (1999).

Presiones hidrostáticas altas

Se sabe desde finales del siglo XIX que las presiones altas (PA) disminuyen la carga microbiana original de los alimentos, contribuyendo así a prolongar su vida de almacén. Aunque el posible empleo de las AP para conservar alimentos se vislumbró ya en 1890, fueron Zo Bell y colaboradores quienes más profundizaron de acuerdo con Barbosa Canovas y col. (1998), en los años de 1950 a 1970 en el conocimiento del comportamiento microbiano frente a presiones próximas a las 1000 ats. Recientemente han sido los investigadores de la Universidad del Estado de Washington, en Pullman, EEUU quienes más a fondo han estudiado este problema.

Los microorganismos que crecen entre 1 y 500 ats se conocen como *euribáricos*, denominándose *barófobos* a los que sólo se multiplican por debajo de las 300 ats; *mesobáricos* son los que se desarrollan entre 300 y 400 ats; *barodúricos* son los que sobreviven sin multiplicarse a las 500 atmósferas, y por último *barófilos* con los que pueden multiplicarse a más de 500 ats.

Las AP inducen cambios morfológicos, bioquímicos y genéticos en los sistemas biológicos; así *E. Coli*, sometido a presiones próximas a las 500 ats, alcanza longitudes de hasta 100 mm, lo que contrasta con su tamaño corriente de 1-2 mm (Zo Bell y Cobet, 1962). Bajo presiones hiperbáricas se alteran las membranas bacterianas, engrosándose la pared

celular y separándose de la membrana citoplásmica subyacente. En el citoplasma se producen estructuras esponjosas, o reticulares al mismo tiempo que se pierden microsomas; por último se lentifica la multiplicación microbiana. Las bacterias más barosensibles son las que se encuentran en crecimiento logarítmico o exponencial y las más resistentes las que están en fase estacionaria o en fase de latencia. El pH influye mucho en la sensibilidad de los microorganismos a las AP, siendo bastante más sensibles a pH ácido que a pH neutro. Las bacterias Gram negativas son más sensibles a las AP que las Gram positivas (Hoover, 1993).

Las AP actúan instantánea y uniformemente en todas las partes del alimento y en consecuencia su tiempo de procesado no depende del tamaño, ni de la forma de los envases. Las AP pueden aplicarse tanto a temperatura ambiente, como en refrigeración y a calentamientos subletales (bacterianos) el aroma y sabor originales del alimento generalmente no se modifican, en cambio se inactivan las enzimas alterantes y mejoran las propiedades reológicas.

Los sistemas hiperbáricos son muy prometedores y en Japón ya se encuentran a la venta salsas de soja, aderezos de ensaladas, yogures y zumos de frutas conservados por esta técnica acalórica.

Campos eléctricos pulsados de alta intensidad

Los campos eléctricos pulsados de alta intensidad (CEPAI) aplicados a los alimentos en forma de pulsos de muy corta duración (microsegundos a milisegundos) destruyen la carga microbiana vegetativa y algunas enzimas, pero para inactivar las esporas debe combinarse este tratamiento con la acción del calor y de la lisozima (Qin, 1996). Además tampoco estimulan la germinación esporular.

El mecanismo íntimo de la inactivación microbiana por los CEPAL ha sido estudiado, entre otros, por Tsong (1990) y Barbosa Canovas y col. (1998) pero todavía no se conoce con suficiente detalle. Si se sabe que la inactivación depende de varios factores, entre los que sobresalen la intensidad del campo, la duración del tratamiento, la temperatura del alimento y por supuesto, el tipo de microorganismo. En general, y para

el mismo microorganismo, la destrucción microbiana aumenta al hacerlo estos factores. Las bacterias Gram positivas y las levaduras son más resistentes que las Gram negativas. Los CEPAI también inactivan en parte algunas enzimas.

Los campos eléctricos se aplican en forma de pulsos de una duración de 2-20 microsegundos (ms). El intervalo entre pulsos es de un segundo corrientemente, lo que, en comparación con la duración de los pulsos, es bastante grande, pero se hace así para evitar el aumento de la temperatura del alimento.

Experimentalmente se han procesado diversos alimentos líquidos, como zumos de manzanas y de naranja, huevos, leche y sopa de guisantes (30-40 KV/cm), habiéndose comprobado un aumento de su vida útil (10 días en los zumos de frutas tratados, frente a los 4 de los zumos frescos) y ningún cambio en sus propiedades físico-químicas y nutritivas. Tampoco cambian sus atributos organolépticos.

Campos magnéticos oscilantes (CMO)

Recordemos que se conoce como campo magnético a la zona o región cuyas partículas magnetizan un electroimán. Desde que para inactivar los microorganismos de los alimentos Hofmann (1985) patentó un sistema de CMO, se ha pensado en su empleo para mejorar la calidad y aumentar la vida útil de los alimentos.

Para que un alimento pueda conservarse aplicándole CMO debe poseer una resistividad eléctrica elevada (> 25 ohmios/cm). Son muchos los alimentos que cumplen esta condición. La intensidad del campo magnético a utilizar depende de la resistividad y del espesor del alimento; los que poseen resistividades más bajas y espesores mayores requieren los campos magnéticos más potentes (altos). La conservación de los alimentos con esta técnica requiere su envasado y cierre en bolsas de plástico, no en botes metálicos, y un tratamiento con 1-100 pulsos en un CMO de una frecuencia de 5-500 KHz y una temperatura de 0-50° c, con un tiempo total de exposición de 25 μ s a 10 ms. El tiempo de exposición es igual al número de pulsos multiplicado por la duración de cada pulso (10 oscilaciones).

Aunque la temperatura de los alimentos procesados sube unos 2-5° C, no se aprecia cambio alguno en su calidad ni en los caracteres organolépticos.

El empleo de los CMO es seguro, ya que los de máxima intensidad sólo se producen en la bobina del electroimán y en sus proximidades. A una distancia muy pequeña de la bobina la intensidad del campo baja muchísimo. Todavía se desconocen los mecanismos íntimos responsables de la inhibición microbiana por los campos magnéticos pero, nunca supera los 2 ciclos logarítmicos del recuento microbiano original. Por tanto, se necesitan más investigaciones antes del empleo industrial de este método emergente de conservación de alimentos.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALBERT, C.M.; HENNERKENS, C.H.; O'DONNELL, C.J.; AJAN, U.A.; CAREY, V.J.; VILLET, W.C.; RUSKIN, J.N. Y MANSON, J.E. (1998): Fish consumption and risk of sudden cardiac death *J. Am. Med. Assoc.*, 279:23-28.
- (2) ALBERTAZZI, P.; PANSINI, F.; BONACCORSI, G.; ZANOTTI, L.; FORINI, E. Y D ALOYSIO, D. (1998): The effect of dietary soy supplementation on hot flushes *Obstet. Gynecol.* 91: 6-11.
- (3) ALTIERI, M. (1998): The environmental risks of transgenic crops: An agroecological assessment. Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley, Cal., EE.UU.
- (4) AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (1995): Position of the American Dietetic Association; Phytochemicals and functional foods. *J. Am. Diet. Assoc.*, 95: 493-496.
- (5) ANDERSON, J.W.; JOHNSTONE, B.M. Y COOK-NEWELL, M.E. (1995): Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *New Engl. J. Med.* 333: 276-282.
- (6) ASCHERIO, A.; RIMM, E.B.; STAMFER, M.J.; GIOVANNUCCI, E.L. Y WILLETT, W.C. (1995): Dietary intake of marine n-3 fatty acids, fish intake, and the risk of coronary disease among men. *New Eng. J. Med.* 332: 977-982.
- (7) ATKINSON, W.T. (1970): U.S. Patent nº 3488770 (Citado por Lawrie, 1998).
- (8) AVORN, J.; MONANE, M.; GURWITZ, J.M.; GLYNN, R.J.; CHOODMOVSKY, I. Y LIPSITZ, L.A. (1994): Reduction of bacteriuria and pyuria after ingestion of cranberry juice – A Reply. *J. Am. Med. Assoc.* 272: 589-590.
- (9) BANG, H.O. Y DYERBER, J. (1972): Plasma lipids and lipoproteins in Greenland west-coast Eskimos. *Acta Med. Scand.* 192: 85-94.

- (10) BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; POTHAKAMURY, U.R.; PALOU, E. Y SWANSON, B.G. (1998): Nonthermal Preservation of Foods. Marcel Dekker, Inc., Nueva York.
- (11) BLANCHARD, J.P. Y BLACKMAN, C.F. (1994): Clarification and application of an ion parametric resonance model for magnetic field interactions with biological systems. *Bioelectromagnetics* 15: 217-238.
- (12) BLATHERWITK, N.R. (1914): Citado por Hasler, 1998.
- (13) BOYER, R.A. (1954): US Pat. N° 2.560.621.
- (14) CASCALES ANGOSTO, M^a (1999): Estrés oxidativo. Envejecimiento y Enfermedad. Instituto de España. Madrid.
- (15) CHIRIFE, L.; FAVETTO, G.; BALLESTEROS, S. Y KITIC, D. (1991): Mummification in ancient Egypt; an old example of tissue preservation by hurdle technology. *Lebensmittel-Wiss u. Technol.* 24: 9-11.
- (16) CLINTON, S.K. (1998): Lycopene: Chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* 56: 35-51.
- (17) CRECCHIO, C.; STOTZKY, G. (1988): Insecticidal activity and biodegradation of the toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* bound to humic acids from soil. *Soil Biol. Biochem.* 30: 463-470.
- (18) DASHWOOD, R.H. (1998): Indol-3-carbinol-anticarcinogen or tumor promoter in *Brassica* vegetables. *Chem. Biol. Interactions* 110: 1-5.
- (19) DAVIGLUS, M.L.; STAMLER, J.; ORENCIA, A.J.; DYER, A.R.; LIN, K.; GREENLAND, P.; WALSH, M.; MORRIS, D. Y SHEKELLE, R.B.(1997): Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial infarction. *New Eng. J. Med.* 336: 1046-1053.
- (20) DAY, A.P.; KEMP, H.J.; BOLTON, C.; HARTOG, M. Y STANSBIE, D. (1998): Effects of concentrated red grape juice consumption on serum antioxidant capacity and low-density lipoprotein oxidation. *Ann. Nutr. Metab.* 41: 353-357.
- (21) DHSS (DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY): (1980): Foods which simulate meat. *Rept. Hlth. Soc. Security, n° 17, H.M.S.O.* Londres.
- (22) DORANT, E.; VAN DEN BRANDT, P.A.; GOLDBOHN, R.A.; HERMUS, R.J.J. Y STURMANS, F. (1993): Garlic and its significance for the prevention of cancer in humans: A critical review. *Br. J. Cancer* 67: 424-429.
- (23) DREOSTI, I.E.; WARGOVICH, M.J. Y YANG, C.S. (1997): Inhibition of carcinogenesis by tea: The evidence from experimental studies. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 37: 761-770.
- (24) ELEGBEDE, J.A.; MALZMAN, T.H.; ELSON, C.E. Y GOULD, M.N. (1993): Effects of anticarcinogenic monoterpenes on phase II hepatic metabolizing enzymes. *Carcinogenesis* 14: 1221-1223.
- (25) ERDMAN, J.W. Y POTTER, S.M. (1997): Soy and bone health. *The soy connection* 5: 1-4.
- (26) ERNST, E. (1997): Can allium vegetables prevent cancer?. *Phytomed.* 4: 79-83.
- (27) FARKAS, J.; SARAY, T.; MOHAXSI, C.F.; HORTI, K. Y ANDRASSY, E. (1997): Effects of low-dose gamma radiation on shelf-life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables. *Adv. Food Sci.* 19:111-119.

- (28) FAHEY, J.W.; ZHANG, Y. Y TALALAY, P. (1997): Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94: 10366-10372.
- (29) FERRER FALCÓN, L. (1999): La controversia sobre los productos alimentarios elaborados con organismos genéticamente modificados. *Cárnica 2000* 9: 14-17.
- (30) FULLER, R. (1994): History and development of probiotics. En *Probiotics* (Ed. R. Fuller), págs. 1-8. Chapman and Hall, New York.
- (31) GIOVANNUCCI, E.; ASCHERIO, A.; RIMM, E.B.; STAMPFER, M.J.; COLDITZ, G.A. Y WILLETT, W.C. (1995): Intake of carotenoids and retinoids in relation to risk of prostate cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 87: 1767-1776.
- (32) GOULD, G.W. (ED.) (1995): *New Methods of Food Preservation*. Blackie Academic and Professional. Nueva York.
- (33) HASLER, C.M. (1998): Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Technol.* 52: 63-70.
- (34) HIRAYAMA, K. Y RAFTER, J. (1999): The role of lactic acid bacteria in colon cancer prevention: Mechanistic considerations. *Antonie van Leeuwenhoek* 76: 391-394.
- (35) HOFMANN, G.A. (1985): Deactivation of microorganisms by an oscillating magnetic field. U.S. Patent 4.524.079.
- (36) HOOVER, D.G. (1993): Pressure effects on biological systems. *Food Technol.* 47: 150-155.
- (37) IFT (2000): Genetically Modified Organisms (GMOs). *Food Technol.* 54: 42-46.
- (38) IOM/NAS (1994): Opportunities in the nutrition and the Food Sciences. (Thomas P.R. y Earl, R., eds.) Institute of Medicine / National Academy of Sciences. National Academy Press. Washington, D.C. (EE.UU.).
- (39) ISAACSOHN, J.L.; MOSER, M.; STEIN, E.D.; DUDLEY, K.; DABEY, J.A.; LISKOV, E. Y BLACK, H.R. (1988): Garlic powder and plasma lipids and lipoproteins: A multicenter, randomised, placebo-controlled trial. *Arch. Int. Med.* 158: 1189-1194.
- (40) KINOSIAN, B.P. Y EISENBERG, J.M. (1998): Cutting into cholesterol; cost-effective alternatives for treating hypercholesterolemia. *J. Am. Med. Assoc.* 259: 2249-2261.
- (41) KOHLMEIER, L.; KARK, J.D.; GÓMEZ GRACIA, E.; MARTÍN, B.C.; RINGSTAD, J.; THAMN, M.; MASAEV, V.; RIEMERSMA, R.; MARTÍN MORENO, J.M.; HUTTUNEN, J.K. Y KOK, F.J. (1997): Lycopene and myocardial infarction risk in the EURAMIC study. *Am. J. Epidemiol.* 146: 618-626.
- (42) KRUMHOUT, D.; BOSSCHIETER, E.B. Y DE LEZENNE COULANDER, C. (1995): The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *New Eng. J. Med.* 312: 1205-1209.
- (43) LACADENA CALERO (2000): Alimentos transgénicos. Verdades y Mentiras. En *Alimentos y Salud*. Monografía VI de la Real Academia de Farmacia.

- (44) LAWRIE, R.A. (1998): Meat Science. 6th Ed., Woodhead Publishing Ltd., Abington, Cambridge, England.
- (45) LEISTNER, L. (1992): Food preservation by combined methods. *Food Res. Int.* 25: 151-158.
- (46) LEISTNER, L. (1995): Principles and applications of hurdle technology. En Gould, G.W. (ed.): New Methods of food preservation. Blackie, Londres.
- (47) LI, Y.; ELIE, M.; BLANER, W.S.; BRANDT-RAUF, P. Y FORD, J. (1997): Lycopene, smoking and lung cancer. *Proc. Am. Assoc. Cancer Res.* 38: 113 (Extracto 758).
- (48) LOCKE, A. (1999): A non-scientist's view of the BBSRC exhibition on genetically modified crops. *The Biochemist* 21: 38-39.
- (49) LOSEY, J.E.; RAYOR, L.S. Y CARTER, M.E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214-218.
- (50) MESSINA, M. Y BARNES, S. (1991): The role of soy products in reducing risk of cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 83: 541-546.
- (51) MICHNOVICZ, J.J. Y BRADLOW, H.L. (1991): Altered strogen metabolism and excretion in humans following consumption of indole carbinol. *Nitr. Cancer* 16: 59-66.
- (52) NAKACHI, K.; SUEMASU, K.; SUGA, K.; TAKEO, T.; IMAI, K Y HAGSHI, Y. (1998): Influence of drinking green tea on breast cancer malignity among Japanese patients. *Jap. J. Cancer Res.* 89: 254-261.
- (53) NATIONAL RESEARCH COUNCIL. COMMITTEE ON DIET AND HEALTH. FOOD AND NUTRITION BOARD. COMMISSION ON LIFE SCIENCES (1989). Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk. National Academy Press. Washington (EE.UU.).
- (54) NESTLE, M. (1998): Broccoli sprouts in cancer prevention. *Nutr. Rev.* 56: 127-130.
- (55) OBISESAN, T.O.; HIRSCH, R.; KOSOKO, O.; CARLSON, L. Y PARROTT, M. (1998): Wine consumption is associated with decreased odds of developing age-related macular degeneration in NHANES-1. *J. Am. Geriatrics Soc.* 46: 1-7.
- (56) OFEK, I.; GOLDHAR, J.; ZAFRIRI, D.; LIS, H.; ADAR, R. Y SHARON, N. (1991): Anti *Escherichia coli* adhesión activity of cranberry juices. *New Engl. J. Med.* 324: 1599-1605.
- (57) POTTER, S.M. (1998): Soy protein and cardiovascular disease. The impact of bioactive components in soy. *Nutr. Rev.* 56: 231-235.
- (58) PRETTY, J. (1999): Genetic modification of crops: partner or pariah for sustainable development?. *The Biochemist* 21: 15-21.
- (59) PSZCZOLA, R. (1999): Nutraceuticals that take the form of candy and snacks. *Food Technol.* 53: 74-80.
- (60) QIN, B.; PTHAKAMUY, U.R.; BARBOSA CÁNOVAS, G.V. Y SWANSON, B.G. (1996): Nonthermal pasteurisation of liquid food using high intensity pulsed electric fields. *Crit. Rev. Food Sci. Nutrition* 36: 603-627.

- (61) REUTER, H.D.; KOCH, H.P. Y LAWSON, L.D. (1996): Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations. En *The Science and Therapeutic Application of Allium sativum L. and related spices*. 2ª ed. (ed. Koch, H.P. y Lawson, L.D.): Williams and Wilkins, Baltimore, EE.UU.
- (62) RIPPLE, G.H.; GOULD, M.N.; STEWART, J.A.; TUTSCH, K.D.; ARZOOMANIAN, R.Z.; ALBERTI, DL; FEIERABEND, C.; POMPLUN, M.; WILDING, G. Y BAILEY, H.H. (1998). Phase in clinical trial of perylllyl alcohol administered daily. *Clin. Cancer Res.* 4: 1159-1164.
- (63) ROBINSON, C. (1999): Will GM Technology benefit the developing world? *The Biochemist* 21: 23-27.
- (64) SANDERS, M.E. (1999): Probiotics. *Food Technol.* 53: 67-77.
- (65) SCHOFIELD, G. (1999): Genetically modified foods and safety: A new regulatory paradigm. *The Biochemist* 21: 34-37.
- (66) SIMOPOULUS, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.* 54: 438-463.
- (67) STEINMETZ, K.A. Y POTTER, J.D. (1991): Vegetables, fruit and cancer. II Mechanisms. *Cancer Causes Control* 2: 427-442.
- (68) STEINMETZ, K.A.; KUSHI, H.; BOSTICK, R.M.; FOLSOM, A.R. Y POTTER, J.D. (1994): Vegetables, fruit and colon cancer in the Iowa Women's Health Study. *Am. J. Epidemiol.* 139: 1-15.
- (69) ST. LEGER, A.S.; COCHRANE, A.J. Y MOORE, F. (1979): Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine. *Lancet* 1017-1020.
- (70) THAYER, D.W. Y RAJKOWSKI, K.T. (1999): Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.* 53: 62-65.
- (71) THORNALLEY, P. (1999): More good things in vegetables than you ever imagined. *The Biochemist* June 1999, págs. 10-23.
- (72) TSONG, T.Y. (1990): Review: On electroporation of cell membranes and some related phenomena. *Bioelectrochem. Bioenergetics* 24: 271-295.
- (73) U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (1988): The surgeon General's Report on Nutrition and Health. Public Health Service. DHHS (PHS Publication n° 8850210).
- (74) VEGA MERCADO, H. (1996): Inactivation of plasmin using high voltage pulsed electric fields. Ph. D. thesis. Washington State University, Pullman.
- (75) VERHOEVEN, D.T.H.; VERHAGEN, H.; GOLDBOHM, R.A.; VAN DEN BRANDT, P.A. Y VAN POPPEL, G. (1997): A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by *Brassica* vegetables. *Chem. Bio. Interactions* 103: 79-129.
- (76) WARSHAFSKY, S.; KAMER, R.S. Y SIVAK, S.L. (1993): Effect of garlic on total serum cholesterol. A meta-analysis. *Ann. Int. Med.* 119: 596-605.
- (77) WCRF. WORLD CANCER RESEARCH FUND/AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH (1997): En *Food Nutrition and the Prevention of Cancer: a global perspective*. Págs. 436-449. American Institute for Cancer Research. Washington, EE.UU.

- (78) WEISBURGE, J.H. (ed.): (1998): International Symposium on lycopene and tomato products in disease prevention. *Proc. Soc. Exp. Bio. Med.* 218: 93-143.
- (79) WONG, G.Y.C.; BRADLOW, L.; SEPKOVIC, D.; MEHL, S.; MAILMAN, J. Y OSBORNE, M.P. (1998): Dose-ranging study of indole-3-carbinol for breast cancer prevention. *J. Cell. Biochem.* 22 (Suppl. 28-29): 111-116.
- (80) WRICK, K.L. (1994): The potential role of functional foods in Medicine and Public Health. En *Functional foods* (ed. Goldberg, J.): Chapman and Hall, New York.
- (81) YANG, C.S. Y WANG, Z-Y. (1993): Tea and cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 85: 1038-1049.
- (82) YOU, W.-C., BLOT, W.J.; CHANG, Y-S., ERSHOW, A.G.; YANG, Z-T.; AN Q.; HENDERSON, B.; XU, G-W.; FRAUMENI, J.F. Y WANG, T-G. (1988): Diet and high risk of stomach cancer in Shandong China. *Cancer Res.* 48:3518-3523.
- (83) ZO BELL, C.E. Y COBET, A.B. (1962): Growth reproduction, and death rates of *Escherichia coli* at increased hydrostatic pressures. *J. Bacteriol.* 84: 1228-1236.